

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06083798  
PUBLICATION DATE : 25-03-94

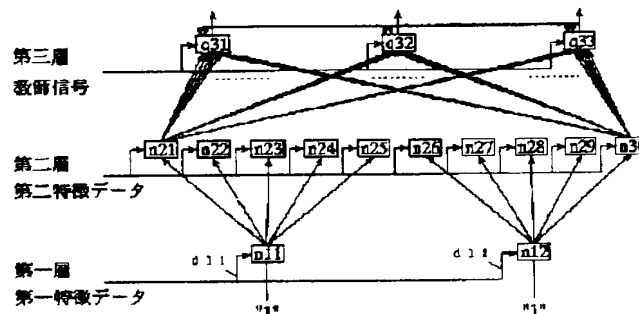
APPLICATION DATE : 01-09-92  
APPLICATION NUMBER : 04233373

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : SHIMEKI TAIJI;

INT.CL. : G06F 15/18 G06G 7/60

TITLE : LEARNING RECOGNIZING DEVICE



**ABSTRACT :** PURPOSE: To provide a learning recognizing device capable of normalizing an output, previously approaching the initial state of learning to an ideal state, executing rapid and efficient learning, rapidly executing additional learning to an unknown input signal, and reducing the influence of recognition performance to learned data.

**CONSTITUTION:** The 1st layer consisting of plural route selecting units n11, n12 each of which selects the transmission route of a signal based upon feature data and the 2nd layer consisting of units n21 to n30 are hierarchically combined to constitute plural branch structure, each route selecting unit (n) has a load for normalizing connection load and a mean value calculator for calculating the mean value of input signals in each category including the input signals and plural recognition units (q) for changing the connection load based upon a teacher signal are arranged on the upper layer of the branch structure.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-83798

(43) 公開日 平成6年(1994)3月25日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 6 F 15/18

G 0 6 G 7/60

識別記号

庁内整理番号

8945-5L

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4(全12頁)

(21) 出願番号 特願平4-233373

(22) 出願日 平成4年(1992)9月1日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 今川 太郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72) 発明者 香田 敏行

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72) 発明者 丸野 進

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

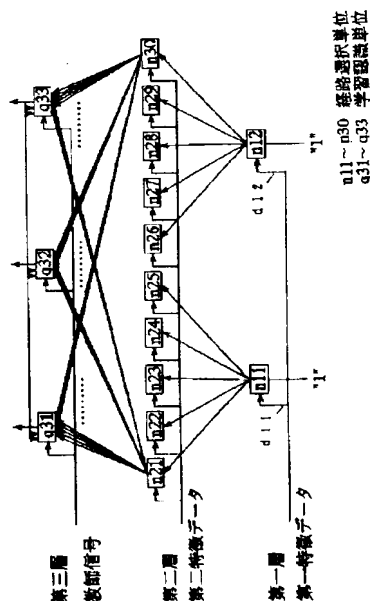
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 学習認識装置

(57) 【要約】

【目的】 出力を正規化し、また学習の初期状態をあらかじめ理想的な状態に近づけて、学習を高速かつ効率的に行うことを可能とし、未知の入力信号に対する追加学習も高速かつ、学習済みのデータに対する認識性能に影響の少ない学習認識装置を提供する。

【構成】 特徴データに基づいて信号の伝達経路を選択する経路選択単位  $n$  を  $n11 \sim n12$  の第一層と、 $n21 \sim n30$  とを階層的に組み合わせて複数の分岐構造を構成し、この経路選択単位  $n$  には、結合荷重を正規化する荷重正規化器、または入力信号が属するカテゴリごとに入力信号の平均を算出する平均値算出器を有し、教師信号に基づいて結合荷重を変更する認識単位  $q$  を前記分岐構造の上層に配置するように構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 学習認識単位は、教師信号入力部と、複数の経路入力端子を有する経路入力部と、前記経路入力部からの入力に対して重み付けを行なう荷重と、前記荷重からの出力を加算する加算器と、前記加算器の出力信号をしきい値処理するしきい値処理器と、前記経路入力部と前記加算器との間の結合荷重を決定する学習器と、前記学習器が決定する結合荷重を正規化する荷重正規化器とを有し、

経路選択単位は、信号入力部と、前記信号入力部からの入力信号を量子化する量子化器と、単一または複数の経路入力端子を有する経路入力部と、単一または複数の経路出力端子を有する経路出力部と、前記量子化器の量子化出力に応じて経路を選択する経路荷重部とを有し、前記経路選択単位を階層的に組み合わせて複数の分岐構造を構成し、その上層に前記学習認識単位を配置してなる学習認識装置。

【請求項2】 学習認識単位には、経路入力部への入力信号を正規化する経路正規化器を設けてなる請求項1記載の学習認識装置。

【請求項3】 学習認識単位には、荷重正規化器に代えて加算器の出力を正規化する加算器出力正規化器を加算器としきい値処理器との間に設けてなる請求項1記載の学習認識装置。

【請求項4】 学習認識単位は、教師信号入力部と、複数の経路入力端子を有する経路入力部と、前記経路入力部からの入力に対して重み付けを行なう荷重と、前記荷重からの出力を加算する加算器と、前記加算器の出力信号をしきい値処理するしきい値処理器と、前記経路入力部と前記加算器との間の結合荷重を決定する学習器と、経路入力部への入力の平均値を入力信号が属するカテゴリごとに平均した値を計算して結合荷重を設定する平均値算出器と、結合荷重として前記学習器の出力を用いるか前記平均値算出器の出力を用いるかを切り替えるスイッチと、学習の推移に従い前記スイッチを切り替える学習モード判定器とを有し、経路選択単位は、信号入力部と、前記信号入力部からの入力信号を量子化する量子化器と、単一または複数の経路入力端子を有する経路入

$$f(I) = 1 / (1 + \exp(-I + \theta)) \quad (1)$$

ここで、 $I$ はしきい値処理器90の入力、 $\theta$ はしきい値である。以上のように構成された従来の学習認識装置について、以下にその動作を説明する。出力信号算出部10の入力部40に入力信号が入力されると、各多入力出力信号処理部30は、結合している下層の多入力出力信号処理部の出力とメモリー60に格納されている結合荷重との積を乗算器70により求め、乗算器70の出力

$$o_i = f(\sum_j w_{ij} \cdot o_j)$$

ここで、 $f$ は式(1)に示したしきい値処理器90の入出力特性を表わす関数、 $\sum_j$ は $j$ に関する総和、 $w_{ij}$ はメモリー60に格納されている $i$ 番目の多入力出力信号

\*力部と、単一または複数の経路出力端子を有する経路出力部と、前記量子化器の量子化出力に応じて経路を選択する経路荷重部とを有し、

前記経路選択単位を階層的に組み合わせて複数の分岐構造を構成し、その上層に前記学習認識単位を配置してなる学習認識装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、対象物の各種特徴データに応じて前記対象物の認識判断の能力を学習により獲得する学習認識装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、認識能力を学習により獲得する学習認識装置としては、ネイチャー323(1986)、第533頁～第536頁掲載のもの(D. E. Rumelhart, G. E. Hinton and R. J. Williams "Learning Representations by Back-Propagating Errors", Nature, vol. 323, pp. 533-536, Oct. 9, 1986)がある。図7は前記従来の学習認識装置の構成を示すものである。図7において、10は出力信号算出部、20は学習時に出力信号算出部10の出力と目標となる出力値との差を用いて出力信号算出部10の結合荷重の値を更新する結合荷重更新部で、教師信号発生部100、誤差信号算出部110、結合荷重更新量算出部120より成る。出力信号算出部10は、図8に示すように階層構造を形成しており、30は多入力出力信号処理部、40は出力信号算出部の入力部である。図9は前記多入力出力信号処理部30の構成を具体的に示したものである。図9において、50は信号の入力部、60は入力部50からの複数入力を重み付ける荷重を格納するメモリー、70はメモリー60の結合荷重と入力部50からの入力信号値の積を求める乗算器、80は乗算器70の各出力の和を求める加算器、90は加算器80の出力を一定範囲内の値に制限するしきい値処理器である。しきい値処理器90の入出力特性を図10に示す。たとえば、出力を(0, 1)の範囲に限定するしきい値処理器90の入出力特性は式(1)のように表現できる。

## 【0003】

40※力の総和を加算器80により求めた後、加算器80の出力値をしきい値処理器90でしきい値処理を行い、その値を上層の多入力出力信号処理部30の入力部に出力する。すなわち、 $i$ 番目の多入力出力信号処理部30の出力値 $o_i$ を数式で表現すると式(2)のように表現できる。

## 【0004】

## (2)

処理部30と下層の $j$ 番目の多入力出力信号処理部30との結合荷重、 $o_j$ は下層の $j$ 番目の多入力出力信号処理部30の出力値を表わす。

3

【0005】出力信号算出部10の入力部40から入力される信号に対して、教師信号発生部100が前記入力信号に対する望ましい出力信号を教師信号として発生し、誤差信号算出部110は前記出力信号算出部10から\*

$$E = \{\sum_i (t_i - o_i)^2\} / 2$$

ここで、 $o_i$ は最上位層の $i$ 番目の多入力-出力信号処理部30の出力値、 $t_i$ は前記出力に対して目標となる出力値を表わす。結合荷重更新部120は前記誤差信号算出部110が出力した誤差 $E$ をもとに前記出力信号算出部10

$$\Delta w_{ij} = -\varepsilon \cdot \partial E / \partial w_{ij} + \alpha \cdot \Delta w'_{ij}$$

ここで、 $\varepsilon$ および $\alpha$ は学習に用いる正の定数であり、 $\Delta w'_{ij}$ は前回の学習における結合荷重更新量である。

【0008】上記のように、結合荷重の変更を繰り返すことで出力信号算出部10にある信号を入力した場合の出力信号算出部10の出力と目標となる値に次第に近づいて行き、前記誤差 $E$ が減少する。誤差 $E$ が実用上十分小さい値に達したときに学習を終了する。この時点で、この学習認識装置は入力される信号に対して望ましい値を出力することにより認識能力を持つ。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記従来のような構成では、学習時に全ての結合荷重を変更する必要があるため、学習に必要な計算量が多く、学習に時間がかかった。しかも、学習終了後に未知の入力信号に対して望ましい出力を得るように追加学習をさせる場合、以前に学習した入力信号も用いて新たに学習をし直す必要があり、時間がかかるという問題点を有していた。

【0010】本発明はこのような従来の問題点を解決するために、学習を高速かつ効率的に行なうことを可能とし、未知の入力信号に対する追加学習も高速かつ、学習済みのデータに対する認識性能に影響の少ない学習認識装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するために、学習認識単位は、教師信号入力部と、複数の経路入力端子を有する経路入力部と、前記入力部からの入力に対して重み付けを行なう荷重と、前記荷重からの出力を加算する加算器と、前記加算器の出力信号をしきい値処理するしきい値処理器と、前記経路入力部と前記加算器との間の結合荷重を決定する学習器と、前記荷重の値を正規化する正規化器とを有し、経路選択単位は、信号入力部と、前記信号入力部からの入力信号を量子化する量子化器と、単一または複数の経路入力端子を有する経路入力部と、単一または複数の経路出力端子を有する経路出力部と、前記量子化器の量子化出力に応じて経路を選択する経路荷重部とを有し、前記経路選択単位を階層的に組み合わせて複数の分岐構造を構成し、その上層に前記学習認識単位を配置した学習認識装置であ

4

\*ら出力される実際の出力値と前記教師信号との誤差を出力する。誤差 $E$ は式(3)のように算出される。

【0006】

(3)

※部10のメモリ60に記憶されている結合荷重の更新量 $\Delta w_{ij}$ を算出し、結合荷重の更新を行なう。更新量 $\Delta w_{ij}$ は式(4)のように求められる。

【0007】

(4)

る。

【0012】また他の手段としては、上記の学習認識単位に代えて、教師信号入力部と、複数の経路入力端子を有する経路入力部と、前記経路入力部からの入力に対して重み付けを行なう荷重と、前記荷重からの出力を加算する加算器と、前記加算器の出力信号をしきい値処理するしきい値処理器と、前記経路入力部と前記加算器との間の結合荷重を決定する学習器と、前記経路入力部への入力の平均値を入力信号が属するカテゴリーごとに平均した値を計算して結合荷重を決定する平均値算出器と、結合荷重として前記学習器の出力を用いるか前記平均値算出器の出力を用いるかを切り替えるスイッチと、学習の推移に従い前記スイッチを切り替える学習モード判定器とを有する学習認識単位を用いた学習認識装置を用いることができる。

【0013】

【作用】本発明は上記の構成において、階層的に分岐構造を有する学習認識装置の各階層の経路選択単位の信号入力部に、対象物の特徴データを入力信号として入力すると、各階層の経路選択単位は、量子化器の出力に応じて、より上層との結合荷重を決定し、信号を上層へ伝達する。最上位層の学習認識単位に含まれる経路入力部と加算器との間の結合荷重のみを変更することにより学習を行なうため、高速学習が可能である。

【0014】また、正規化器によって学習認識単位の出力値を正規化し、最終層の出力値が上限値を有するようにすることで、結合荷重および学習認識単位の出力の学習によるオーバーフローを防ぐことができる。さらに、複数の学習認識装置の出力結果を参照する場合に、その出力の上限値を一致させることで、各学習認識装置の出力をそのまま比較することができ、複数の学習認識装置を同時に用いることで高速化が可能となる。

【0015】また、平均値算出器を有する構成では、未学習の状態と学習が進んだ状態とを学習モード判定器が判断して結合荷重の設定方法を切り替え、未学習の状態では、入力信号が属するカテゴリーごとの平均的な入力信号に対して最上位層に位置する学習認識単位が応答し易いように学習初期の結合荷重を設定することで、必要

な学習の回数を削減し、学習の高速化が可能となる。

【0016】

【実施例】以下図面を用いて本発明の一実施例の学習認識装置を説明する。図2は本発明の学習認識装置に用いる経路選択単位の一実施例を示すものである。11は信号入力部で、信号入力端子11aを介して入力された認識の対象となる信号を量子化器2に入力する。量子化器2は入力された信号を量子化し、量子化した結果を経路荷重部3bに入力する。3a0は経路入力端子、3e1～3e5は経路出力端子で、経路選択単位を階層的に組合せるときに、これらの端子を互いに連結するものである。

【0017】経路荷重部3bは、経路入力部3aと経路出力部3eとの間を接続する荷重3b01～3b05と、荷重の値を前記量子化結果に応じて荷重3b01～3b05に設定する荷重設定部3b0とで構成される。経路荷重部3bでは、荷重設定部3b0が入力信号の量子化結果に基づいて、前記荷重値をそれぞれの量子化レベルに対応する荷重に設定する。荷重3b01～3b05は、経路入力部3aから入力された経路信号を重み付けし、経路出力部3eは、この重み付けした経路信号を経路出力端子3e1～3e5に出力する。

【0018】図3は本発明の学習認識装置の最上位層に\*

$$w'_{3b01} = (1 - \alpha) \cdot w_{3b01} + \alpha \cdot x_{3a01}$$

ここで、 $w'_{3b01}$ はi番目の荷重3b01の変更後の値を示し、 $w_{3b01}$ は変更前の値を示す。 $\alpha$ は学習で用いる定数( $0 < \alpha < 1$ )で、 $x_{3a01}$ はi番目の経路入力端子に入力された信号の値を表わす。

$$w_{3b01, \text{normal}} = w'_{3b01} / \sqrt{(\sum_j (w'_{3b01})^2)}$$

ここで、 $w_{3b01, \text{normal}}$ は正規化されたi番目の結合荷重、 $\sum_j$ はjに関する総和を表わす。

【0024】図1は、本発明の学習認識装置の一実施例を示すブロック図である。本実施例では、二種類の特徴データ(第一特徴データ、第二特徴データ)二組を三つのカテゴリー中の一つのカテゴリーに対応付けるもので、経路選択単位を複数個組み合わせ、2個の分岐構造を有し、一つの分岐構造中に三層の階層を有するように構成してある。各分岐構造中の各階層の経路選択単位の信号入力部には判断すべき特徴データを、教師信号入力部には教師信号を入力する。第一層、第二層を構成している経路選択単位n11～n12、n21～n30は、たとえば、図2に示した経路選択単位を用い、最上位層を構成している学習認識単位q31～q33は図3に示した学習認識単位を用いている。

【0025】つぎに、このように構成した学習認識装置の学習動作を説明する。各分岐構造の第一層目の経路選択単位n11～n12の経路入力端子への経路入力信号として、“1”を与える。また、これらの経路選択単位の

\*用いる学習認識単位の第1の実施例で荷重正規化器を有するものを示す。学習認識単位qにおいて、1は教師信号入力部、3aは経路入力部、3bは経路荷重部で、経路入力部3aの出力値に重み付けを行なう荷重3b01～3b05および前記結合荷重を変更する学習部3b1から成る。3cは重み付けされた荷重の出力を加算する加算器、3dは前記加算器の出力をしきい値処理するしきい値処理器、3e01～3e02は他の学習認識単位の経路出力信号の入力端子である。

【0019】前記学習部は全ての学習認識単位の中で出力が最大となる学習認識単位の経路出力端子を検出する最大出力端子検出器3b11と、前記最大出力端子検出器の出力と教師信号入力部1の出力値に基づいて、経路入力部と加算器の間の結合荷重の値を決定する学習器3b13と、前記学習器が算出した結合荷重の値を正規化する荷重正規化器3b12によって構成される。

【0020】学習過程においては、学習器は最大出力端子検出器によって検出した経路出力端子の番号と教師入力値が示す入力信号が属するカテゴリーを表わす番号とを比較し、番号が一致しなかった場合には教師信号が示す番号の学習認識単位についてのみ結合荷重を式(5)のように変化させる。

【0021】

(5)

※【0022】式(5)にしたがって求められた結合荷重 $w'_{3b01}$ に対して、荷重正規化器は式(6)で示されるように、正規化した結合荷重の値を荷重に出力する。

※【0023】

(6)

量子化器への信号入力端子には、認識対象物の第一特徴データをd11、d12を入力する。(この図の場合には、2個の第一特徴データを、それぞれ2個の経路選択単位に入力する。すなわちn11にはd11を、n12にはd12を入力する。)初期学習時には、特徴データに対する荷重値を1に設定する。

【0026】各経路選択単位は、これらの第一特徴データを量子化器2で量子化し、この量子化した値に基づいて、荷重設定部3b0はそれぞれのデータに対応する荷重値をその量子化レベル位置に基づいて設定する。このように一つの経路選択単位において複数の経路が選択され、第二層目の経路選択単位n21～n30の経路入力端子へ、経路入力信号と前記荷重の値を掛けた値が送られる。

【0027】第二層目の経路選択単位の信号入力端子には、認識対象物の第二特徴データを入力する。(図1では2個の第二特徴データを、それぞれn21～n25、n26～n30に入力する。)第一層目の場合と同様に複数の経路入力信号が選択され、全ての出力が最上位層

の全ての学習認識単位 $q31 \sim q33$ のそれぞれの経路入力端子へ値が送られる。

【0028】最上位層の学習認識単位の教師信号入力端子1aには認識対象の信号が分類したい三つのカテゴリーの内どのカテゴリーに属するかを示す教師入力信号、すなわち、学習認識単位 $q31 \sim q33$ の内でも大きい値を出力することが望ましい学習認識単位に対して1を入力し、他の学習認識単位に対しては0を出力する。

【0029】たとえば $q31$ が最も大きい出力を出すようにする場合、経路選択単位 $n11 \sim n12$ および $n21 \sim n30$ に $q31$ が表わすカテゴリーに属する信号を入力し、学習認識単位 $q31$ には1を、他の学習認識単位 $q32, q33$ には0を教師信号として入力する。このとき、最上位層の各学習認識単位 $q31 \sim q33$ の経路入力部3aには同じ値が入力され、学習認識単位ごとに持つ荷重 $3b01 \sim 3b050$ を乗じた後、加算器3cで総和を求め、しきい値処理器3dで処理された値が各学習認識単位の出力値となる。出力は他の学習認識単位にも出力される。つぎに、全ての学習認識単位の中で最大値を出力している学習認識単位に含まれる最大出力端子検出器3b11は1を出力し、他の最大出力端子検出器は0を出力する。学習認識単位 $q31 \sim q33$ の学習器は教師信号と最大出力端子検出器の出力値を比較し、一致すれば、求める出力が得られていることに相当するため、何も行なわない。一方、異なる場合には、教師信号として1が入力されている $q31$ の学習器のみが結合荷重の更新を行なう。新しい結合荷重の値は、元の結合荷重の値および経路入力部の入力値を用いて式(5)にしたがって学習器が算出する。算出された値は荷重正規化器3b12によって式(6)にしたがって正規化され、新しい結合荷重値が荷重 $3b01 \sim 3b050$ に設定される。この状態で再び、学習認識単位 $q31 \sim q33$ の出力値を算出し、 $q31$ の教師信号と最大出力端子検出器の出力が一致するまで、 $q31$ の荷重に対して前記手続きが繰り返される。

【0030】つぎに、図1に示した学習認識装置の認識動作を説明する。学習の動作と全く同様に、各分岐構造の第一層目の経路選択単位 $n11 \sim n12$ の経路入力端子への経路信号として、まず“1”を与える。また、これらの経路選択単位の量子化器への信号入力端子には、認識対象物の第一特徴データを $d11, d12$ を入力する。(この図の場合には、2個の第一特徴データを、それぞれ2個の経路選択単位に入力する。)各経路選択単位は、第一特徴データを量子化器2で量子化し、この量子化した値に基づいて、荷重設定部3b0は特徴データに対応する前記荷重値を、その量子化レベル位置に基づいて設定する。このように、認識時には一つの経路が選択され、第二層目の経路選択単位 $n21 \sim n30$ の経路入力端子へ、経路信号と前記荷重の値を掛けた値が送られる。

【0031】第二層目の経路選択単位の信号入力端子には、認識対象物の第二特徴データを入力する。(この図の場合には、2個の第二特徴データを、それぞれ $n21 \sim n25, n26 \sim n30$ に入力する。)第一層目の場合と異なり、全ての出力値が、最上位層の全ての学習認識単位 $q31 \sim q33$ に送られる。

【0032】最上位層の学習認識単位には、教師信号は入力されず、経路入力部からの入力値に対して結合荷重を乗じ、加算器で総和を求め、しきい値処理器を行なった値を出力する。したがって、加算した信号の値があるしきい値より大きければ、出力がなされるわけであり、このようにして、入力した認識対象物特徴データに基づき、認識対象物の分類、認識判断を行なうことができるわけである。なお、しきい値処理をする関数としては、シグモイド関数、ステップ関数などの単調増加関数を用いることができる。

【0033】以上説明したように、本発明による学習認識装置は、分岐構造を有した多層の階層構造を構成し、各経路選択単位の量子化器の出力に応じて、経路選択単位同士の結合経路を切り換え、最上位層までの経路を選択しながら、最上位層の教師信号が示す学習認識単位の経路入力端子に接続する経路の結合強度のみを学習器によって変化させるだけで学習が行えるので、非常に高速な学習が可能である。学習済みの信号に対する認識性能に影響が少ないため、高速に追加学習が行える。また、荷重正規化器によって結合強度の値を正規化し、最終層の出力値が上限値を有することで、結合荷重および学習認識単位の出力の学習によるオーバーフローを防ぎ、複数の学習認識装置の出力結果を参照する場合に、その出力の上限値を一致させることで、各学習認識装置の出力をそのまま比較することができ、複数の学習認識装置を同時に用いることで高速化が可能である。追加学習を行なう場合にも、最大出力端子検出器によって検出した経路出力端子の連結強度のみ変更するため、最上位層の全ての荷重を変更する必要がなく、学習済みの信号に対する認識性能に影響が少ないため、高速に追加学習が行える。

【0034】図4は本発明の学習認識装置の最上位層に用いる学習認識単位の第二の実施例で経路正規化器を有するものを示す。学習認識単位 $r$ において、1は教師信号入力部、3aは経路入力部、3a1は経路正規化器で経路入力部3aからの入力信号を正規化した値を荷重に出力する。3bは経路荷重部で、経路正規化器3a1の出力値に重み付けを行なう荷重 $3b01 \sim 3b050$ および前記結合荷重を変更する学習部3b1から成る。3cは重み付けされた荷重の出力を加算する加算器、3dは加算器3cの出力をしきい値処理するしきい値処理器、3e01 $\sim$ 3e02は他の学習認識単位の経路出力信号の入力端子である。

50 【0035】学習部3b1は全ての学習認識単位の中で

出力が最大となる学習認識単位の経路出力端子を検出する最大出力端子検出器3b11と、最大出力端子検出器3b11の出力と教師信号入力部1の出力値に基づいて、経路入力部3aと加算器3cの間の結合荷重の値を決定する学習器3b13と、学習器3b13が算出した結合荷重の値を正規化する荷重正規化器3b12によつて

$$x'_{3a1i} = x_{3a1i} / \sqrt{\sum_i (x_{3a1i})^2} \quad (7)$$

ここで、 $x'_{3a1i}$ はi番目の経路入力の正規化された値を示し、 $x_{3a1i}$ は同正規化前の値を示す。学習器は最大出力端子検出器によって検出した経路出力端子の番号と教師入力値が示す入力信号が属するカテゴリーを表わす※

$$w'_{3b0i} = (1 - \alpha) \cdot w_{3b0i} + \alpha \cdot x'_{3a1i} \quad (8)$$

ここで、 $w'_{3b0i}$ はi番目の荷重3b0iの変更後の値を示し、 $w_{3b0i}$ は同変更前の値を示す。 $\alpha$ は学習で用いる定数( $0 < \alpha < 1$ )で、 $x'_{3a1i}$ はi番目の経路入力の正規化された値を示す。式(8)にしたがって求められた結合荷重 $w'_{3b0i}$ に対して、荷重正規化器3b12は式(6)で示されるように、正規化した結合荷重の値を荷重に出力する。

【0039】認識過程においては、学習部3b1による荷重値の変更および、荷重正規化器3b12は働かない。経路入力に対する正規化を含む他の動作については学習過程と同様に行なわれる。

【0040】本発明の学習認識装置の第二の実施例を最上層に備えた学習認識装置の学習動作および認識動作は第一の実施例を用いた場合と同様であるが、学習認識単位の経路入力部3aへの入力を経路正規化器3a1によって正規化し、学習認識単位の経路入力部3aへの入力信号の強度が大きく変化する場合に、経路正規化によってこの変動を吸収し、入力信号強度の変動が学習認識単位の出力値の上限値に影響することを防ぐことができる。

【0041】図5は本発明の学習認識装置の最上位層に用いる学習認識単位の第三の実施例で加算出力正規化器を有するものを示す。学習認識単位sにおいて、1は教師信号入力部、3aは経路入力部、3b'は経路荷重部★

$$o' = o / o_{max} \quad (9)$$

ここで、 $o'$ は正規化された加算器3cの出力、 $o$ は正規化前の加算器3cの出力、 $o_{max}$ は最大加算出力記憶器3f3の出力を表わす。正規化された値はしきい値処理器3dによってしきい値処理され、その出力が学習認識単位の出力となる。学習器3b13は最大出力端子検出器によって検出した経路出力端子の番号と教師入力値が示す入力信号が属するカテゴリーを表わす番号とを比較し、番号が一致しなかった場合には教師信号が示す番号の学習認識単位についてのみ結合荷重を式(5)のように変化させる。

\*て構成される。

【0036】学習過程において、経路入力部への入力は経路正規化器3a1によって式(7)にしたがって正規化される。

【0037】

※番号とを比較し、番号が一致しなかった場合には教師信号が示す番号の学習認識単位についてのみ結合荷重を式(8)のように変化させる。

【0038】

★で、経路入力部3aの出力値に重み付けを行なう荷重3b01~3b050および前記結合荷重を変更する学習部3b1'から成る。3cは重み付けされた荷重の出力を加算する加算器、3dは加算器3cの出力をしきい値処理するしきい値処理器、3e01~3e02は他の学習認識単位の経路出力信号の入力端子、3f1は加算器3cの出力値を正規化する加算出力正規化器、3f2は学習時か認識時かを判別する学習過程識別器、3f3は学習過程識別器3f2が学習時であると判断している状態における加算器の出力の最大値を記憶する最大加算出力記憶器である。

【0042】学習部3b1'は全ての学習認識単位の中で出力が最大となる学習認識単位の経路出力端子を検出する最大出力端子検出器3b11と、最大出力端子検出器3b11の出力と教師信号入力部1の出力値に基づいて、経路入力部3aと加算器3cの間の結合荷重の値を決定する学習器3b13によって構成される。

【0043】学習過程においては、学習過程識別器3f2が学習時であることを判定し、最大加算出力記憶器3f3が加算器3cの出力を調べて、学習時の最大出力値を記憶する。加算正規化器3f1は加算器3cの出力を式(9)にしたがって正規化する。

【0044】

【0045】認識過程においては、学習部3b1'による荷重値の変更は行なわれない。また、最大加算出力記憶器3f3の記憶値は一定値を保つ。加算器3cの出力の正規化を含む他の動作については学習過程と同様に行なわれる。

【0046】本発明の学習認識装置の第三の実施例を最上層に備えた学習認識装置の学習動作および認識動作は第一の実施例を用いた場合と同様であるが、加算器3cの出力を学習時の加算器3cの最大出力値で正規化することで、学習認識単位の出力値が上限値を持つ。さら



に、最大値で除算を行なうことのみで正規化を行なうため、正規化に必要な計算量が少なくすみ、高速な学習認識が可能となる。

【0047】図6は本発明の学習認識装置の最上位層に用いる学習認識単位の第四の実施例で平均値算出器を有するものを示す。学習認識単位tにおいて、1は教師信号入力部、3b'は経路荷重部、経路入力部3aの出力値に重み付けを行なう荷重3b01~3b050および前記結合荷重を変更する学習部3b1'から成る。3cは重み付けされた経路荷重部の出力を加算する加算器、3dは経路信号をしきい値処理するしきい値処理器、3e01~3e02は他の学習認識単位の経路出力信号を入力とする入力端子である。

【0048】前記学習部は出力が最大となる学習認識単位の経路出力端子を検出する最大出力端子検出器3b11と、前記最大出力端子検出器の出力と教師信号入力部1の出力値とに基づいて、経路入力部と加算器の間の結合荷重の値を決定する学習器3b13と、経路入力部3aの入力の平均値を入力信号が属するカテゴリごとに平均した値を計算する平均値算出器3b14と、結合荷重\*20

$$w'_{3b01} = (\sum_{i=1}^{N_a} x_{3a0i}) / N_a$$

ここで、 $w'_{3b01}$ は1番目の荷重3b01の変更後の値を示し、 $\sum_{i=1}^{N_a}$ は教師信号が学習認識単位の番号と一致した場合についての総和を示し、 $x_{3a0i}$ は1番目の経路入力端子に入力された信号の値を示し、 $N_a$ は教師信号が学習認識単位の番号と一致した場合の数を示す。特定のカテゴリに属する信号の平均値を荷重に設定することで、以後同じカテゴリに属する信号が入力されたときに、入力信号と結合荷重の積を加算器で加算した値が大きな値になることが期待できる。

【0051】つぎに、平均値算出器3b14を有する学習認識単位を用いて最上位層を構成した学習認識装置の学習動作を説明する。最上位層より下位の層の働きは、前記正規化器を有する学習認識単位を用いた場合と同様である。最上位層は、学習認識単位の教師信号入力端子1aには認識対象の信号が分類したい三つのカテゴリのうちのどのカテゴリに属するかを示す教師入力信号、すなわち、学習認識単位t31~t33に対して最も大きい値を出力することが望ましい学習認識単位に対して1を出力し、他の学習認識単位に対しては0を出力する。

【0052】たとえばt31が最も大きい値を出すようにする場合には、経路選択単位n11~n12およびn21~n30にt31が表わす類に属する信号を入力し、学習認識単位t31には1を、他の学習認識単位t32、t33には0を教師信号として入力する。このとき、最上位層の各学習認識単位の経路入力部3aには同じ値が入力され、学習認識単位ごとに持つ荷重3b01~3b050を乗じた後、加算器3cで総和を求め、しきい値処理器3dで処理された値が各学習認識単位の出

\*重として前記学習器の出力を用いるか前記平均値算出器の出力を用いるかを切り替えるスイッチ3b15と、学習の推移に従い前記スイッチを切り替える学習モード判定器3b16とによって構成される。

【0049】学習過程においては、学習モード判定器によってスイッチが制御され、荷重の値が学習器3b13により決定されるか、平均値算出器3b14により決定されるかが切り替えられる。スイッチにより学習器3b13が選択されているとき、学習器3b13は最大出力端子検出器3b11によって検出した経路出力端子の番号と教師入力値が示す入力信号が属するカテゴリを表わす番号とを比較し、番号が一致しなかった場合には教師信号が示す番号の学習認識単位についての結合荷重を式(5)のように変化させる。スイッチにより平均値算出器が選択されている場合は、n番目の学習認識単位に含まれる平均値算出器は教師信号をもとにして式(10)のように経路入力部3aの入力の平均値を入力信号が属するカテゴリごとに平均した値を計算する。

【0050】

$$(10)$$

力値となる。ここで、学習が未だ行なわれていない初期状態では学習モード判定器によって平均値算出器の出力が荷重に入力されるようにスイッチが設定されている。この状態では各学習認識単位の平均値算出器は、教師信号として1が入力されたときの経路入力部3aの入力信号の平均値を算出する。

【0053】つぎに、学習すべき入力信号が全て入力された後、学習モード判定器によって学習器の出力が荷重に入力されるようにスイッチ3b15が再設定される。平均値算出器3b14により設定された荷重を用いて、再び経路入力部3aの入力値に荷重が乗じられ、加算器で総和を求め、しきい値処理器3dで処理された値が各学習認識単位の出力値となる。出力は他の学習認識単位に対しても出力される。学習認識単位の中で最大値を出力している学習認識単位に含まれる最大出力端子検出器3b11は1を出力し、他の最大出力端子検出器は0を出力する。学習認識単位t31~t33の学習器は教師信号と最大出力端子検出器の出力値を比較し、一致すれば、求める出力が得られていることに相当するため、何も行なわない。一方、異なる場合には、教師信号として1が入力されているt31の学習器のみが結合荷重の更新を行なう。新しい結合荷重の値は、元の結合荷重の値および経路入力部の入力値を用いて式(5)にしたがって学習器が算出し、新しい結合荷重値が荷重3b01~3b050に記録される。この状態で再び、学習認識単位t31~t33の出力値を算出し、t31の教師信号と最大出力端子検出器の出力が一致するまで、t31の荷重に対して前記手続きが繰り返される。

【0054】つぎに、平均値算出器を有する学習認識単

位を用いて最上位層を構成した学習認識装置の認識動作を説明する。最上位層より下位の層の働きは、前記正規化器を有する学習認識単位を用いた場合と同様である。最上位層では、学習認識単位  $t31 \sim t33$  に教師信号は入力されず、経路入力部からの入力値に対して結合荷重を乗じ、加算器で総和を求め、しきい値処理を行なった値を出力する。したがって、加算した信号の値があるしきい値より大きければ、出力がなされるわけであり、このようにして、入力した認識対象物特徴データに基づき、認識対象物の分類、認識判断を行なうことができるわけである。なお、しきい値処理をする関数としては、シグモイド関数、ステップ関数を用いることができる。

【0055】以上説明したように、本発明による学習認識装置は、分岐構造を有した多層の階層構造を有し、各経路選択単位の量子化器の出力に応じて、経路選択単位同士の結合経路を切り換え、最上位層までの経路を選択しながら、最上位層の教師信号が示す学習認識単位の経路入力端子に接続する経路の結合強度のみを学習器によって変化させるだけで学習が行えるので、非常に高速な学習が可能である。

【0056】また、正規化器によって学習認識単位の出力値を正規化するため、最終層の出力値が上限値を有するようになり、結合荷重および学習認識単位の出力の学習によるオーバーフローを防ぐことができる。さらに、複数の学習認識装置の出力結果を参照する場合に、その出力の上限値を一致させることで、各学習認識装置の出力をそのまま比較することができ、複数の学習認識装置を同時に用いることで高速化が可能となる。

【0057】また、平均値算出器が入力信号が属するカテゴリごとの平均的な入力信号に対して最上位層に位置する学習認識単位が応答し易いように、学習初期の結合荷重を設定することで、必要な学習の回数を削減し、学習の高速化が可能となる。追加学習を行なう場合にも、最大出力端子検出器によって検出した経路出力端子の連結強度のみ変更するので、最上位層の全ての荷重を変更する必要がなく、学習済みの信号に対する認識性能に影響が少ないため、高速に追加学習が行える。

【0058】

【発明の効果】本発明の学習認識装置は、上記したように階層的に分岐構造を有する学習認識装置の各階層の経路選択単位の信号入力部に、対象物の特徴データを入力信号として入力すると、各階層の経路選択単位は、量子化器の出力に応じて、より上層との結合荷重を決定し、信号を上層へ伝達する。最上位層の学習認識単位に含まれる経路入力部と加算器との結合荷重のみを変更することにより学習を行なうため、高速学習が可能である。

【0059】また、正規化器によって学習認識単位の出力値を正規化するため、最終層の出力値が上限値を有するようになり、結合荷重および学習認識単位の出力の学

習によるオーバーフローを防ぐことができる。さらに、複数の学習認識装置の出力結果を参照する場合に、その出力の上限値を一致させることで、各学習認識装置の出力をそのまま比較することができ、複数の学習認識装置を同時に用いることで高速化が可能となる。

【0060】また、平均値算出器が入力信号が属するカテゴリごとの平均的な入力信号に対して最上位層に位置する学習認識単位が応答し易いように、学習初期の結合荷重を設定することで、必要な学習の回数を削減し、学習の高速化が可能となり、その実用的効果は大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の学習認識装置を示すブロック図

【図2】本発明の学習認識装置に用いる経路選択単位の一実施例を示すブロック図

【図3】同じく学習認識装置に用いる学習認識単位の第一の実施例を示すブロック図

【図4】同じく学習認識装置に用いる学習認識単位の第二の実施例を示すブロック図

【図5】同じく学習認識装置に用いる学習認識単位の第三の実施例を示すブロック図

【図6】同じく学習認識装置に用いる学習認識単位の第四の実施例を示すブロック図

【図7】従来の学習認識装置の全体構成図

【図8】同じく学習認識装置の出力信号算出部の構成図

【図9】同じく学習認識装置の出力信号算出部の多入力出力算出部の構成図

【図10】同じく学習認識装置の出力信号算出部の多入力出力算出部のしきい値処理器の入出力特性図

【符号の説明】

1 教師信号入力部

1a 教師信号入力端子

2 量子化器

3a 経路入力部

3a01~3a50 経路入力端子

3a1 経路正規化器

3b, 3b', 3b'' 経路荷重部

3b0 荷重設定部

3b01~3b050 荷重

3b1, 3b1', 3b1'' 学習部

3b11 最大出力端子検出器

3b12 荷重正規化器

3b13 学習器

3b14 平均値算出器

3b15 スイッチ

3b16 学習モード判定器

3c 加算器

3d しきい値処理器

3e 経路出力部

3e01~3e02 他認識単位出力信号入力端子

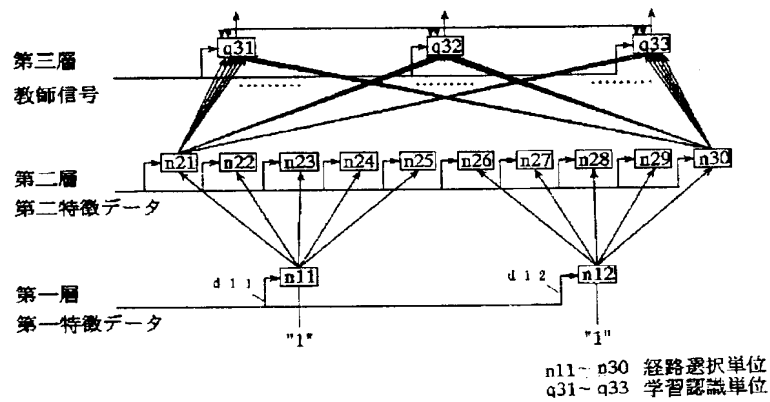
(9)

特開平6-83798

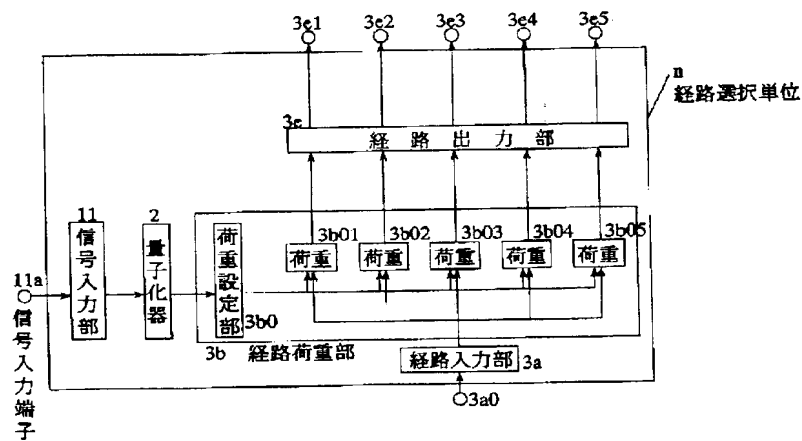
15  
 3e1~3e5 経路出力端子  
 3f1 加算出力正規化器  
 3f2 学習過程識別器  
 3f3 最大加算出力記憶器  
 11 信号入力部

16  
 11a 信号入力端子  
 d11, d12 第一特徴データ  
 n, n11~n30 経路選択単位  
 q, q31~q33 学習認識単位

【図1】



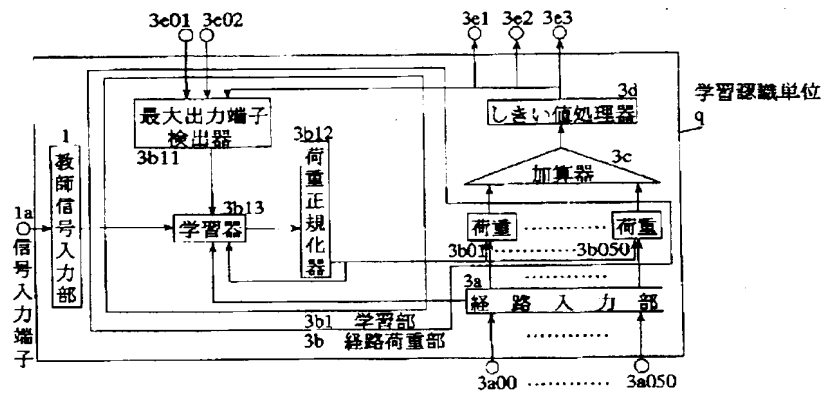
【図2】



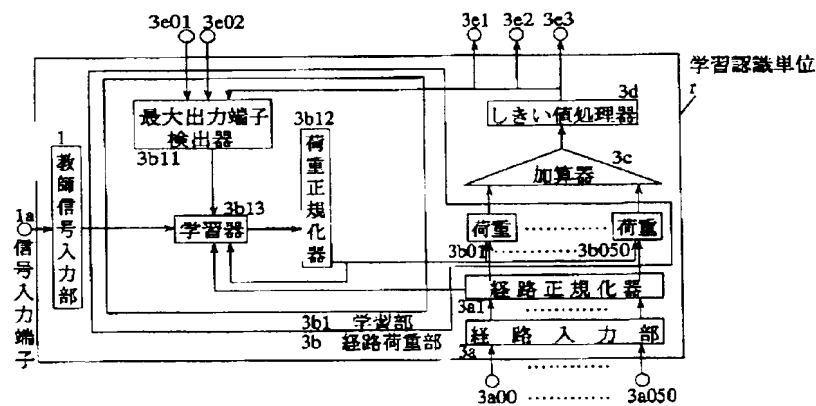
(10)

特開平6-83798

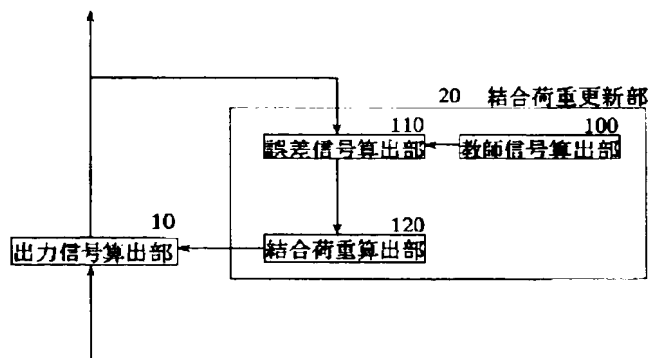
【図3】



【図4】



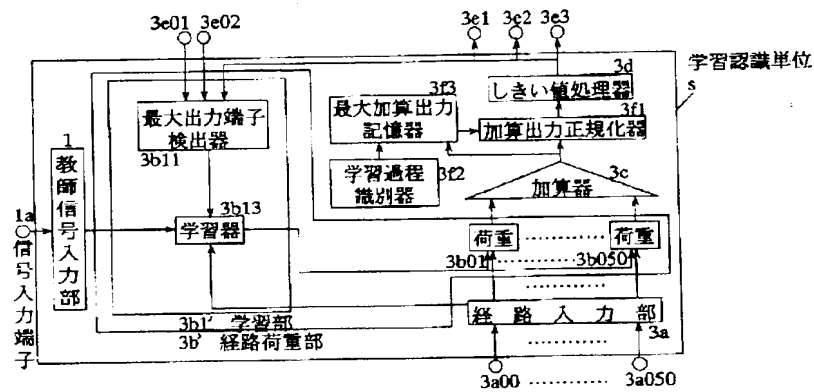
【図7】



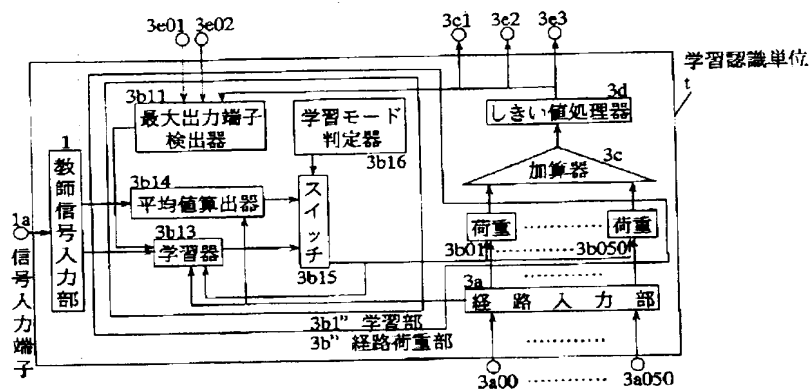
(11)

特開平6-83798

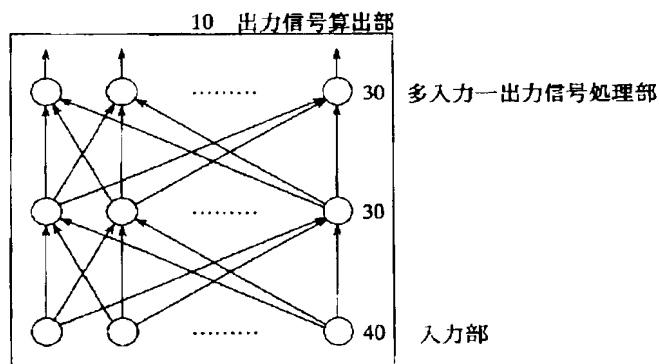
【図5】



【図6】



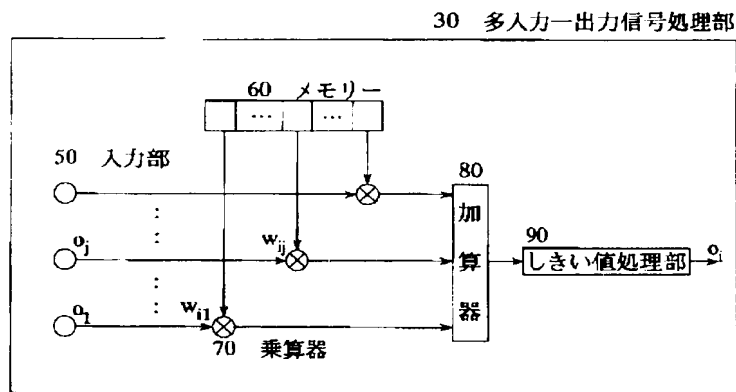
【図8】



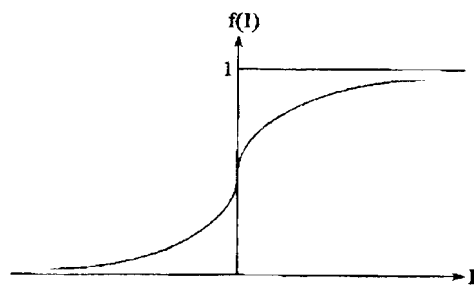
(12)

特開平6-83798

【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 木 泰治  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
 産業株式会社内